

Veterinærmedisinske forskningsprosjekter vedrørende bakterielle forhold av hygienisk betydning ved bruk av kloakkslam

Av Gunnar Langeland

Gunnar Langeland er veterinær og arbeider som forskningsassistent ved Institutt for næringsmiddelhygiene, Norges veterinærhøgskole.

Foredrag holdt i Norsk forening for mikrobiologi og Norsk forening for medisinsk mikrobiologi 3. mai 1979.

Ved bruk av kloakkslam til landbruks- eller grøntarealer kan det foreligge fare for ukontrollert spredning av patogene bakterier, virus og parasitter og av toksiske kjemiske forbindelser i større eller mindre konsentrasjoner. Sammen med eventuelle luktulemper begrenser dette dessverre anvendelse av kloakkslam på en ressursmessig optimal måte (tabell 1).

Tabell 1.

Hygieniske forhold ved bruk av kloakkslam på landbruks- og grøntarealer:

Fare for ukontrollert spredning av

- Patogene bakterier
- Patogene virus
- Patogene parasitter
- Tungmetaller
- Andre toksiske miljøfremmede stoffer

Lukt

- Luktplage hvis slammet ikke er tilstrekkelig stabilisert

I dette foredraget vil hovedvekten bli lagt på de forskningsprosjekter som er gjennomført på Institutt for næringsmiddelhygiene ved Norges veterinærhøgskole.

Det skal innledningsvis presiseres at *den hygieniske forskningens målsetting ikke er å frembringe forskningsresultater til å underbygge restriksjoner, men til å frembringe resultater som kan bidra til økt anvendelse av kloakkslam.*

PATOGENE MIKROORGANISMER I KLOAKKSLAM

Alle arter av patogene mikroorganismer som forårsaker sykdom i en befolkning, vil kunne finnes igjen i kloakkslam. Tabell 2 viser de mikroorganismer og parasitter som av Helsedirektoratet er angitt å ha hygienisk betydning i kloakkslam (1).

Tabell 2.

Bakterier:

- Salmonella*
- Enterokokker
- Shigella*
- Anaerobe sporedannere

Parasitter:

Taenia saginata (bendelorm)
Ascaris lumbricoides (spolorm)
Diphyllobothrium latum (fiskebendelorm)
Amøbecyster

Virus:

Hepatitt-A-virus (Hittil ikke påvist p.g.a. manglende metodikk)
Cocksakievirus
Adenovirus
Virus av Echo-gruppen

Som vi ser, er det heldigvis bare et forholdsvis begrenset antall som har spesiell interesse, men ny viten kan medføre at listen må forandres.

Vi har endel data over tallmessig forekomst av salmonellabakterier i kloakkslam. Slam fra anlegg på mindre enn 4000—6000 personekvivalenter pleier ikke å inneholde salmonellabakterier. Men slam fra større anlegg — hvertfall i Østlandsområdet — inneholder nesten alltid salmonellabakterier. Skarpsno renseanlegg, som renser vann tilsvarende ca. 60.000 personekvivalenter, produserer slam som vanligvis inneholder fra 50 til 250 salmonellabakterier pr. gram.

Hvorfor legges så hovedvekten både i norsk og internasjonal forskning på salmonellabakteriene?

Det er flere svar på dette spørsmålet:

- Salmonellabakteriene er de patogene bakterier i kloakkslam som (hvertfall under norske forhold) kan ha størst hygienisk betydning.
- Salmonellabakterier har stor evne til oppformering i næringsmidler.
- I forhold til andre patogener i kloakkslam er salmonellabakterier forholdsvis lette å diagnostisere.

Det må dessuten fremheves at disse bakteriene i miljøhygienisk sammenheng i tillegg til at de selv er patogene, betraktes som en slags indikatorbakterier for tilstedeværelse også av andre patogene mikroorganismer.

Smittekildene for salmonellainfeksjoner er stort sett kjente — og det er et faktum at mange pådrar seg smitte ved utenlandsopphold. I de siste 15 år har det vært sterk økning av både antall meldte tilfeller av salmonellainfeksjoner og av antall turistreiser med charterfly (figur 1) (2).

Det faktum at vi importerer et økende antall salmonelloser medfører at vårt miljø i stadig større utstrekning utsettes for smittepress. Vi har gunstige epidemiologiske forhold i Norge, både blant mennesker, ville dyr og husdyr, men for å holde på denne situasjonen er det nødvendig med foranstaltninger som hindrer økt smittetilførsel til vårt miljø.

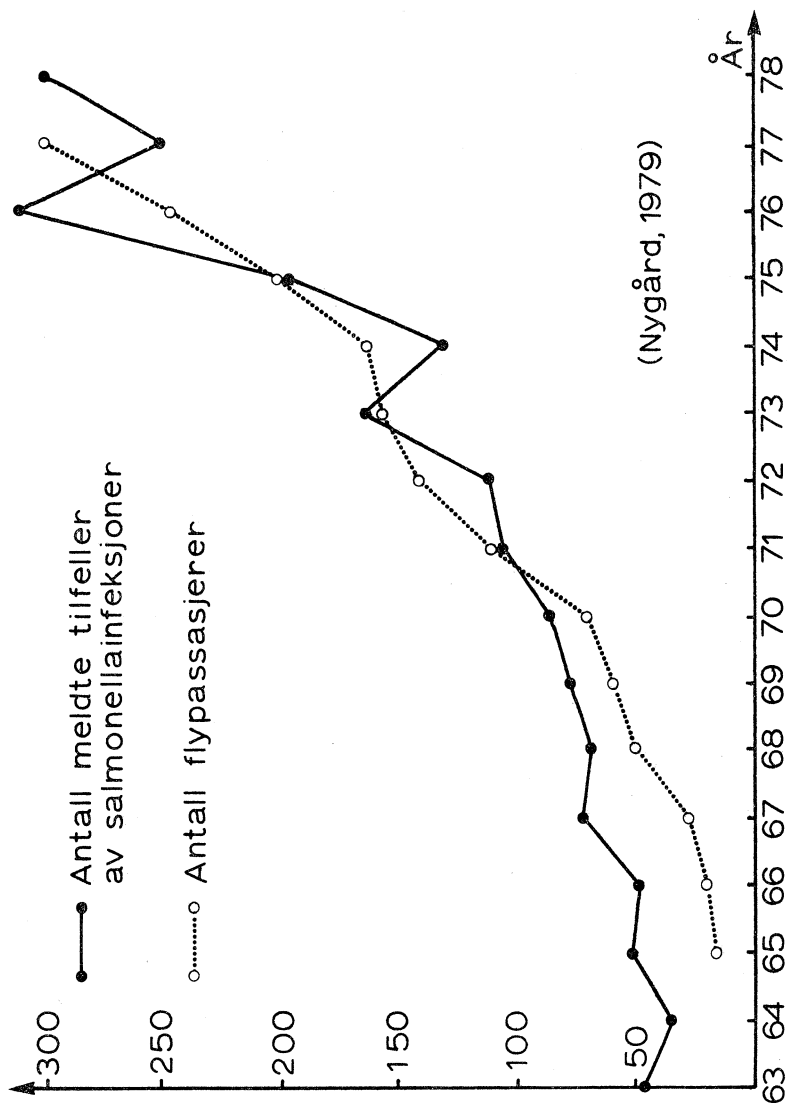
YERSINIA ENTEROCOLITICA I DRIKKEVANN OG KLOAKKSLAM

Vi har altså et «importoverskudd» av salmonellabakterier, men for en annen enterobakterie — *Yersinia enterocolitica* (*Y.ent.*) — er forholdene anderledes. Smittekildene er ukjente og sykdomstilfellene oppstår som enkelttilfeller og uavhengig av reisevirksomhet.

I Norge diagnostiseres rundt 150 tilfeller av human yersiniose årlig, men det er grunn til å tro at det virkelige antall er langt høyere.

Inneholder kloakkslam *Y.ent.*, og hvor stor er overlevelsestiden? Er påstanden om at yersiniose kan smittes via drikkevann riktig?

For å fremskaffe mer viten om disse forhold undersøkte vi fra desember



Figur 1. Antall meldte tilfeller av salmonellainfeksjoner i Norge 1963—1978 og antall passasjerer avreist fra norske flyplasser med inclusive tours (charterflygninger, turistreiser) 1965—1977. (Etter Nygård 1979.)

1977 til desember 1978 prøver av uklorert drikkevann som ble innlevert instituttet til vanlig bakteriologisk undersøkelse og

prøver av kloakkslam med lagringstider på opptil 1 1/2 år (tabell 3) (3).

Tabell 3. Isolasjon av *Y.ent.* fra prøver av drikkevann og kloakkslam.

Prøvemateriale	Antall prøver undersøkt	Antall prøver med <i>Y.ent.</i> isolert
Drikkevann	41	22
Herav: Overflatevann	13	12
Brønnvann	22	10
Grunnvann	6	0
Kloakkslam	35	18
Herav: Slam lagret		
<1 mnd.*)	15	4
1—3 mnd.	8	6
>3—12 mnd.	8	6
>12—18 mnd.	4	2
Alle prøver	76	40

*) Råslam og slam lagret mindre enn 1 måned.

Y.ent. ble isolert fra litt over halvparten av både drikkevannsprøvene og kloakkslamprøvene. Bakteriene ble isolert fra nesten alle prøver av overflatevann, men ikke fra noen prøver fra borehull — i tabell 3 kalt «grunnvann».

Frekvensen av positive vannprøver var langt høyere enn i tidligere norske og utenlandske undersøkelser.

Vannprøvene ble også undersøkt for innhold av indikatorbakterier for fekal forurensning. Undersøkelsen viste helt klart at termostabile koliforme bakterier ikke er egnet til å indikere mulig tilstedeværelse av *Y.ent.*

Slamp prøvene, som hovedsakelig var fra et renseanlegg på Hamar, ble også undersøkt for innhold av salmonellabakterier.

Mens *Y.ent.* ble isolert fra slam med opptil 1 1/2 års lagringstid ble *Salmonella spp.* bare isolert fra råslam og slam ferskere enn 1 måned.

Y.ent. omfatter som kjent flere serogrupper. Serogruppene 0:9 og 0:3 er de som oftest diagnostiseres ved human yersinose i Norge. Andre serogrupper regnes som mindre patogene, evt. apatogene for mennesker.

Et lite antall kulturer er gruppet serologisk på Statens Institutt for Folkehelse, men ingen av disse tilhørte serogruppene 0:3 eller 0:9. Alle de isolerte kulturene er sammen med noen kulturer fra kjøttdeig og fra fæces fra gris (ialt ca. 180 kulturer) sendt til Pasteurinstituttet i Paris for serologisk gruppering.

Det er all grunn til å tro at om patogene serogrupper av *Y.ent.* tilføres kloakkslam, så vil de kunne overleve lengre enn både salmonellabakterier og termostabile koliforme bakterier.

Tilstedeværelse av *Y.ent.* i drikkevann, avløpsvann, kloakkslam og kanskje også annet materiale bør, inntil forholdene er nærmere avklart, betraktes som en indikasjon på at patogene serogrupper også kan være tilstede.

SALMONELLAUNDERSØKELSER AV AEROBT OG ANAEROBT STABILISERT KLOAKKSLAM FRA RENSESTASJONER I OSLO

I tidsrommet juni 1974 til mai 1975 ble det foretatt salmonellaundersøkelser av aerobt og anaerobt stabilisert kloakkslam fra Skarpsno og Bekkelaget rensesanlegg i Oslo (tabell 4) (4).

Tabell 4. *Salmonellaundersøkelser av aerobt og anaerobt stabilisert kloakkslam.*

		Slamtype	Antall prøver	Salmonella-positive prøver	% positive prøver
Tidsrom	juni 1974 — mai 1975	Aerobt stabilisert slam (Skarpsno)	11	7	64
		Anaerobt stabilisert slam (Bekkelaget)	13	2	15
	juni 1975 — des. 1976	Aerobt stabilisert slam (Skarpsno)	31	31	100
		Anaerobt stabilisert slam (Bekkelaget)	15	15	100

Hver prøve var på 25 gram slam. I første halvdel av forsøksperioden ble salmonellabakterier påvist i henholdsvis 64% og 15% av aerobt og anaerobt stabilisert kloakkslam.

Samtidig ble det foretatt sammenlignende metodestudier, og fra juni 1975 ble prøvene undersøkt etter en bedre metodikk.

Et utvalg av de isolerte kulturer ble typet serologisk i samarbeid med Statens Institutt for Folkehelse. Det ble isolert et vidt spekter av serotyper, inklusive *Salmonella paratyphi B.*

Helsedirektoratets veiledende normer for salmonellaundersøkelse av kloakkslam angir at slam — med visse unntak — kan brukes til jordbruksformål eller grøntanlegg når salmonellabakterier ikke påvises i mer enn én prøve ved undersøkelse av 10 prøver à 20 ml hver (1).

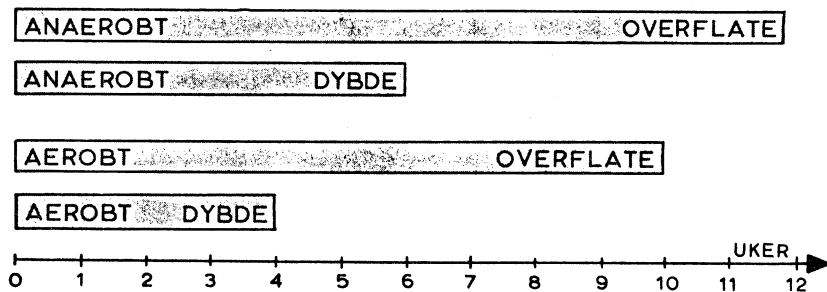
På tross av henholdsvis aerob og anaerob stabilisering holdt altså ikke slammet fra Skarpsno og Bekkelaget rensesanlegg på langt nær Helsedirektoratets veiledende bakteriologiske normer.

HYGIENISERING AV KLOAKKSLAM VED LAGRING

Slam som ikke har en tilfredsstillende bakteriologisk kvalitet, kan hygieniseres ved lagring. De organismene som har hygienisk betydning ved anvendelse av slam, vil da etterhvert dø ut på grunn av miljøets beskaffenhet. *Y.ent.* utgjør kanskje sammen med noen sporedannende bakterier et unntak.

kan oppnå tilstrekkelig hygienisering ved lagring.

Hvilken grad av hygienisering som bør forlanges, er naturligvis avhengig av hva slammet skal brukes til og hvor det eventuelt skal brukes. Det er nødvendig å stille helt andre krav til slam som skal brukes i private kjøkkenhager, til beitearealer, eller i nærheten av drikkevannskilder, enn til slam som skal bru-



Figur 2. Overlevelsestid for salmonellabakterier ved deponering av naturlig infisert og stabilisert kloakkslam. Prøvene er tatt fra overflate (0—5 cm) og dybde (ca. 50 cm).

Vi har undersøkt desimeringsforhold for salmonellabakterier ved lagring av naturlig infisert stabilisert kloakkslam fra Bekkelaget og Skarpsno renseanlegg (5).

Salmonellabakterier ble påvist etter 12 og 10 ukers lagring av henholdsvis aerobt og anaerobt stabilisert slam (figur 2). I tillegg til temperatur, pH, vannaktivitet og andre forhold, vil også konsentrasjonen av salmonellabakterier i utgangsmaterialet være bestemmende for etter hvor lang tid de er helt desimert.

Dette forsøket viser at stabilisert kloakkslam, som i første omgang ikke har tilfredsstillende bakteriologisk kvalitet,

kes til bakkeplanering, vei- og flyplassarealer eller til korndyrkningsarealer.

KAMMERFILTERPRESSEFORSØKET

Fra 1982 vil Sentralrenseanlegg Vest rense avløpsvannet fra Oslo, Asker og Bærum kommuner. Det er sannsynlig at slammet vil bli tilsatt kalk og avvannet ved kammerfilterpressing.

For å studere hygieniseringseffekter av en slik behandling har vi i samarbeid med Norsk institutt for vannforskning utført et pilotforsøk der naturlig infisert

*) Tilsetting av kjemikalier for å bedre slammets avvanningsegenskaper.

slam fra fem renselanlegg i Østlandsområdet ble kondisjonert* med jernklorid og kalk i varierende mengder og avvannet i en kammerfilterpresse (6, 7).

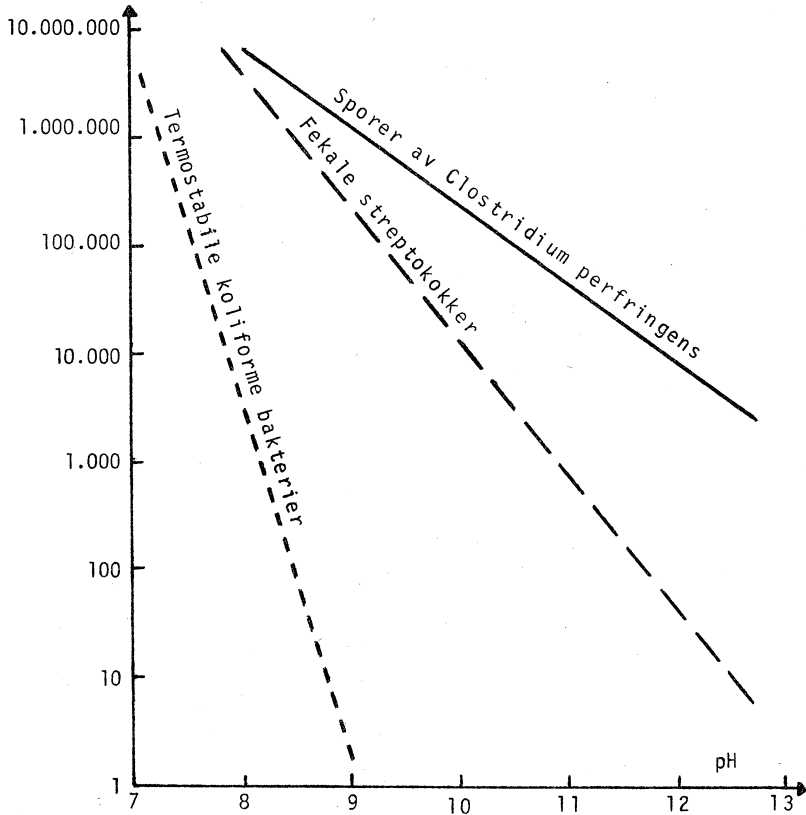
Slammet ble undersøkt før og etter pres-

sing for innhold av følgende indikatorbakterier for fekal forurensning:

- Termotabile koliforme bakterier
- Fekale streptokokker
- Sporer av *Clostridium perfringens*.

REDUKSJON AV INDIKATORBAKTERIER VED
KALKSTABILISERING AV KLOAKKSLAM

Antall bakterier pr.
gram slamtørrestoff



Figur 3. Innblanding av kalk reduserer kloakkslammets innhold av indikatorbakterier for fekal forurensning.

Forsøket viste at det er selve kalktilsetningen og ikke pressingen som gir reduksjon av indikatorbakteriene.

Figur 3 viser foreløpige resultater over sammenhengen mellom pH og antall indikatorbakterier pr. gram slamtørrestoff.

Vi ser at sammenhengen mellom pH og antall indikatorbakterier er svært forskjellig for de tre gruppene av indikatorbakterier.

Det går klart fram at kalktilsetningen gir en kraftig reduksjon av antall termotabile bakterier, mens reduksjonen i antall sporer av *Clostridium perfringens* er begrenset. Reduksjonen av fekale streptokokker står i en mellomstilling.

Ved pH 11 som er realistisk pH i kalkkondisjonert slam, vil termotabile kolidforme bakterier og sannsynligvis også de fleste bakterier innen familien *Enterobacteriaceae* (bl.a. *Salmonella spp.*) ikke kunne overleve.

I dette forsøket ble analysene på grunn av praktiske forhold foretatt etter 7 dagers lagring ved 4°C etter avvanning. Helsedirektoratet angir at kalkbehandlet slam bør holde pH over 11 i minst 14 dager for en tilstrekkelig hygienisering (1).

KOMPOSTERING

Ved de såkalte «Kongsvingerundersøkelsene» ble hygieniseringseffekter ved samkompostering undersøkt ved både frilands- og reaktorkompostering. Ved samkompostering på *friland* males husholdningsavfall opp i en kvern, legges ut i ranker og tilblendes tyntflytende kloakkslam. Etter vending med hjullaster vil massen kompostere. I kjernen av rankene vil temperaturen holde seg på 60–70°C i flere uker. 4–6 gangers vending over

like mange uker er nødvendig for å oppnå en tilfredsstillende hygienisering av hele massen (8).

Ved tilsvarende kompostering i *reaktor* vil hele massen være hygienisert etter få dagers behandling (9).

Sannsynligvis kan råslam *alene* etter en opptørkingsfase komposteres under praktiske forhold på samme måte (10).

Vi samarbeider for tiden med Mikrobiologisk institutt og Institutt for jordkultur ved Norges landbrukskøleskole og Norsk institutt for vannforskning, om et fellesprosjekt som tar sikte på å klarlegge produksjonsmessige, prosessmessige, hygieniske og bruksmessige sider ved kompostering av kloakkslam.

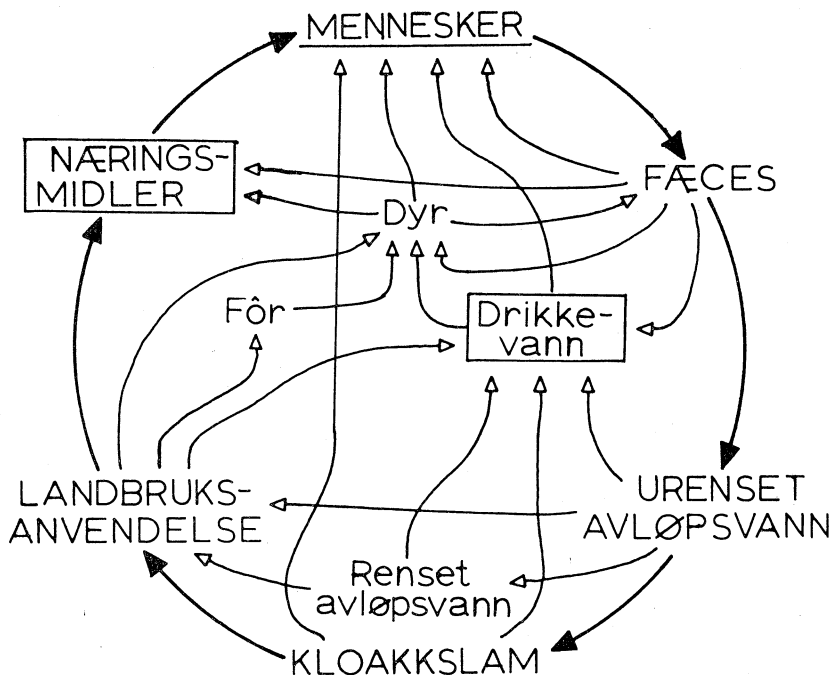
SMITTE AV PATOGENER FRA KLOAKKSLAM

Vi har sett at kloakkslam *inneholder* patogene bakterier og at slammene kan oppnå en tilfredsstillende *hygienisering* for de fleste bruksområder.

Vi skal nå gå over til å omtale enkelte forhold vedrørende *smitteoverføring* av patogener fra kloakkslam.

Med unntak av stivkrampebakterien, *Clostridium tetani*, er det størst fare for overføring av patogene bakterier fra kloakkslam til dyr og mennesker via drikkevann og andre fôr- eller næringsmidler (figur 4).

Ved flere drikkevannsbårne epidemier i Norge har patogene organismer (*Salmonella spp.*, *Shigella spp.* og Hepatitt-A-virus) fulgt smittemåten: *Mennesker* — *fæces* — *urenset avløpsvann* — *drikkevann* — *mennesker*.



Figur 4. Feilaktig behandling og bruk av kloakkslam kan føre til at mennesker og dyr smittes med patogene mikroorganismer.

FOREKOMST AV SALMONELLA I MÅKER PÅ GRØNMO SØPPELFYLLPlass

Mange steder i landet blir kloakkslam deponert på søppelfyllplasser sammen med husholdningsavfall. Husholdningsavfallet inneholder bl.a. matrester, og store mengder måker og kråker benytter fyllplassene som middagsbord.

Oslo kommune har deponert store mengder kloakkslam på Grønmo fyllplass syd for byen.

Tabell 5 viser resultatene fra mikrobiologiske analyser av måker som ble

skutt i tilsynelatende frisk tilstand på Grønmo fyllplass (11).

Bakteriene ble isolert fra omlag en femtedel av de undersøkte fuglene. Dette er langt mer enn det man finner i måker langs norskekysten.

De såkalte «søppelfuglene» holder seg ikke stasjonære på fyllplassene, men flyr regelmessig over større områder.

Man må spørre seg om deponering av kloakkslam på søppelplasser kan ha betydning for tilførsel av salmonellabakterier til bl.a. beitearealer for husdyr og drikkevannskilder for både dyr og mennesker.

Tabell 5. *Salmonellabakterier i måker på Grønmo fyllplass.*

Måkeart		Antall	Salmonella positive	
			Antall	%
Gråmåke	unge	66	18	27,3
	voksne	15	0	0
Hettemåke	unge	10	4	40,0
	voksne	12	1	8,3
Svartbak	voksen	1	0	0
Totalt		104	23	22,1

ROTVEKSTFORSØKET

For to år siden foretok vi i samarbeid med Avdeling for parasittologi ved Norges veterinærhøgskole og Institutt for jordkultur ved Norges landbrukshøgskole et forsøk for å se hvilken mulighet det er for overføring av salmonellabakterier ved dyrkning av rotvekster (reddik og nepe) i jord hvor kloakkslam ble brukt som jordforbedringsmiddel (12).

Slammet var anrikt med *Salmonella typhi-murium*. Termotabile koliforme bakterier var tilstede i tilstrekkelig mengde fra før.

Mikrobiologiske undersøkelser av jord ble foretatt ved forsøksstart og ved høsting av reddiker etter 7 uker og av neper etter 10 uker (figur 5). Ved høsting ble jord som satt fast eller som lå i umiddelbar nærhet av rotvekstene, undersøkt.

Slammet var altså anrikt med salmonellabakterier, men reduksjonen var ikke total — på tross av at bakteriene var i et for dem svært ugunstig miljø.

Både reddiker og neper spises ofte i rå tilstand. Reddiker brukes dessuten på smørbrød og i matpakker i nær kontakt med andre næringsmidler, f.eks.

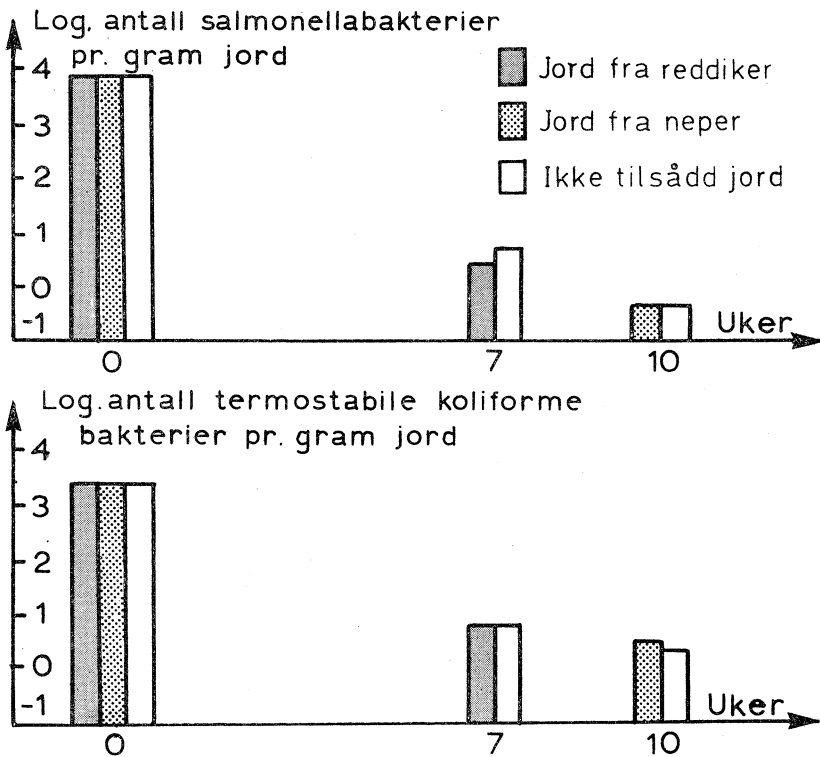
kjøtt, som er egnende substrater for bakterieoppformering.

Helsedirektoratet anbefaler at ubehandlet ferskt kloakkslam ikke må brukes til arealer for dyrking av bl.a. rotvekster, grønnsaker og jordbær (1).

AVSLUTNING

Vi har nå beskrevet de viktigste forskningsprosjekter som er gjennomført ved Institutt for næringsmiddelhygiene for å belyse bakterielle forhold ved bruk av kloakkslam. I tillegg til hygienisering av kloakkslam ved kompostering arbeider vi for tiden med:

- Mikrobiologisk-hygienisk kvalitet av avløpsvann før og etter rensing. (Renset avløpsvann som slippes ut i drikkevannssystemer, eller som skal brukes til irrigasjon på landbruksarealer, bør ha en tilfredsstillende hygienisk kvalitet).
- Metod utvikling for isolasjon av bakteriofager, *Clostridium tetani*, *Sbigella spp.* og *Campylobacter spp.* fra avløpsvann og kloakkslam.



Figur 5. Reduksjon av termostabile koliforme bakterier og salmonellabakterier i jord ved dyrkning av rotvekster.

— Forekomst av salmonellabakterier i arbeidsmiljøet ved rensanlegg i Oslo.

På grunnlag av den til enhver tid foreliggende viten blir det *helserådenes* oppgave å gi tillatelse til bruk av kloakkslam.

Veterinærmyndighetene vil dessuten i enkelte helt spesielle tilfeller kunne gripe inn.

Det blir årlig i Norge produsert kloakkslam med i alt ca. 50.000 tonn tørrstoff. Dette slammet representerer en *ressurs* som bør utnyttes best mulig.

REFERANSER

1. *Helsedirektoratet*: Hygienisk vurdering av kloakkslam, Helsedirektoratet, Hygiene-kontoret, 1976, 24 s.
2. *Nygård, J. J.*: Personlig meddelelse, 1979.
3. *Langeland, G.*: *Yersinia enterocolitica* i drikkevann og kloakkslam. Preliminær og upublisert rapport, Institutt for næringsmiddelhygiene, Norges veterinærhøgskole, mai 1979, 25 s.
4. *Bø, G.*: Salmonellaundersøking av aerobt og anaerobt stabilisert kloakkslam frå rensestasjonar i Oslo. Fast avfall, 1977, 2, 18—20.
5. *Bø, G.*: Hygienisering av kloakkslam ved lagring. Fast avfall, 1977, 2, 21—23.
6. *Haugan, B.-E.*: Slamavvanning med filterpresser. I: Ulike slamtypers avvannings-egenskaper og kondisjonerbarhet. NIVA-rapport under bearbeidelse, 1979.
7. *Langeland, G., K. A. Bergström og B.-E. Haugan*: Hygienisering av kloakkslam ved kalkkondisjonering. Manuskript under bearbeidelse.
8. *Bø, G. og A. Løwe*: Overleving av salmonellabakteriar og termostabile koliforme bakteriar ved frilandskompostering av kommunalt avfall. Kongsvingerundersøkelse, Melding nr. 12, Ås 1979, 12 s.
9. *Krogstad, O. og R. Gudding*: The Survival of Some Pathogenic Microorganisms during Reactor Composting. Acta Agriculturae Scandinavica, 1975, 25, 281—284.
10. *Molland, O.*: Personlig meddelelse, 1979.
11. *Bø, G.*: Førekosten av *Salmonella* i måkar på Grønmo søppelfyllplass. Institutt for næringsmiddelhygiene, Norges veterinærhøgskole, 13 s.
12. *Langeland, G. og K. A. Bergström*: Overføring av salmonellabakterier og spolormegg ved dyrkning av rotvekster i kloakkslamholdig jord. Manuskript under bearbeidelse.